

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-039183

(43)Date of publication of application : 12.02.2003

(51)Int.Cl.

B23K 20/12

B29C 65/06

// B23K103:10

(21)Application number : 2001-223768

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 25.07.2001

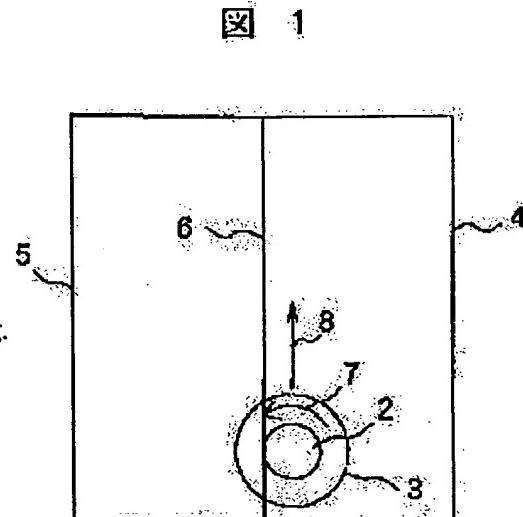
(72)Inventor : OKAMURA HISANOBU  
SAKAMOTO MASAHIKO  
AOTA KINYA

## (54) FRICTION STIR WELDING METHOD AND WELDED BODY

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a defect-free welded body in a butt welding method by a friction stir welding method between metallic materials, between organic materials, or a metallic material and a organic material, different in physical characteristics or mechanical characteristics.

**SOLUTION:** On one material side out of welding materials, a pin part of a rotary tool is inserted, and on the other side, a shoulder part is made to come into contact. In this state, friction stir welding is performed. The two members are subjected to diffusion and welding.



from CSP-116-A

### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.08.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**BEST AVAILABLE COPY**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-39183

(P2003-39183A)

(43)公開日 平成15年2月12日(2003.2.12)

(51)Int.Cl.  
B 23 K 20/12  
B 29 C 65/06  
// B 23 K 103:10

識別記号  
310

F I  
B 23 K 20/12  
B 29 C 65/06  
B 23 K 103:10

デマード(参考)  
310 4 E 067  
4 F 211

審査請求 未請求 請求項の数15 OL (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2001-223768(P2001-223768)

(22)出願日 平成13年7月25日(2001.7.25)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 岡村 久宣

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 坂本 征彦

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内

(74)代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

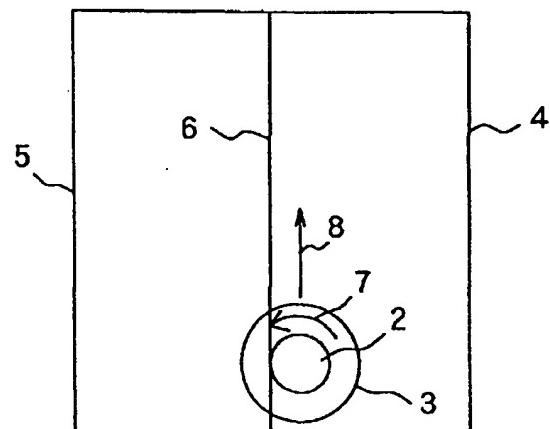
(54)【発明の名称】 摩擦攪拌接合方法及び接合体

(57)【要約】

【課題】物理的特性または機械的特性の異なる金属材料同士、有機系材料同士または金属材料と有機材料とを、摩擦攪拌接合方法によって突合せ接合する方法において、欠陥のない健全な接合部を得る。

【解決手段】接合材料のうち一方の部材側に回転ツールのピン部を挿入し、他方の側はショルダ部が接触するようする。この状態で摩擦攪拌接合を行う。2つの部材が拡散接合される。

図 1



# BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】物理的特性及び機械的特性の少なくとも一方が異なる2つの接合部材を、ピン部とショルダ部とを有する回転ツールを用いて摩擦攪拌接合する方法において、前記回転ツールのピン部を一方の接合部材側に偏よらせて挿入し、他方の接合部材側は前記ピン部を押し込んでいたときにショルダ部が接触するようにし、この状態で摩擦攪拌接合を行うことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項2】請求項1に記載の方法において、2つの前記接合部材のうち、融点が低い部材側に前記ピン部を挿入することを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項3】請求項1に記載の方法において、2つの前記接合部材のうち、塑性変形が生じやすい部材側に前記ピン部を挿入することを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項4】請求項1に記載の接合方法において、2つの接合部材の突合せ面に両部材に対して金属的に結合性を有する層をあらかじめ形成しておくことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項5】請求項1に記載の方法において、前記接合部材の一方が銅または銅を主体とする銅合金であり、他方がアルミニウムまたはアルミニウムを主体とするアルミニウム合金であり、前記ピン部をアルミニウムまたはその合金側に挿入することを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項6】請求項1に記載の方法において、前記接合部材の一方が銅または銅を主体とする銅合金であり、他方がチタンまたはチタンを主体とする合金であり、前記ピン部を銅またはその合金側に挿入することを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項7】請求項1に記載の方法において、前記接合部材の一方が鉄または鉄を主体とする鉄合金であり、他方がアルミニウムまたはアルミニウムを主体とする合金であり、前記ピン部をいざれか一方の側に挿入することを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項8】請求項1に記載の方法において、前記接合部材の一方が銅または銅を主体とする銅合金であり、他方が鉄または鉄を主体とする鉄合金であり、前記ピン部を銅またはその合金側に挿入することを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項9】請求項1に記載の接合方法において、2つの前記接合部材は、融点が200℃以上異なるか、固溶率が10%以下であるか、或いは密度が3g/cm<sup>2</sup>以上異なるかの少なくとも1つの条件を満足することを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項10】請求項7に記載の接合方法において、前記接合面にニッケルめっき層が形成されていることを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項11】請求項8に記載の接合方法において、前記接合面に銀と銅の合金からなるろう材をあらかじめ設

けておくことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項12】請求項1に記載の接合方法において、前記接合部材の突合せ面を斜面にし、前記ピン部を該接合部材の内部に押し込んでいたときに、該ピン部の先端が斜面に接触するようにすることを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項13】請求項1に記載の接合方法において、前記回転ツールを接合面に対して傾斜して配置し、前記ピン部を該接合材の内部に押し込んでいたときに、該ピン部の先端が接合面に接触するようにすることを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項14】物理的特性及び機械的特性の少なくとも一方が異なる2つの部材が接合され、一方の部材の接合部近くに塑性流動現象が見られ、他方の部材には塑性流動現象が見られず、両者の接合面に拡散現象が見られるることを特徴とする接合体。

【請求項15】物理的特性及び機械的特性の少なくとも一方が異なる2つの接合部材を、ピン部とショルダ部とを有する回転ツールを用いて摩擦攪拌接合する方法において、前記接合部材の一方の被接合面に他方の接合部材と同じ材料からなるクラッド層を形成し、前記回転ツールのピン部を前記クラッド層と該クラッド層を形成しない接合部材側に偏よらせて挿入し、他方の接合部材側は前記ピン部を押し込んでいたときにショルダ部が接触するようにし、この状態で摩擦攪拌接合を行うことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

## 【発明の詳細な説明】

### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は摩擦攪拌接合方法及び接合体に関する。特に物理的特性及び機械的特性の少なくとも一方が異なる金属系材料同士または有機系材料同士または金属系材料と有機系材料との突合せ接合方法に関する。

### 【0002】

【従来の技術】摩擦攪拌接合方法は、接合部材の突合せ面に、接合部材より硬い材質の金属棒よりなる回転ツールのピン部を挿入し、回転ツールの回転と移動によって、突合せ面に摩擦熱と塑性流動を生じさせて、接合を行う方法である、この種の摩擦攪拌接合方法の一例は、特開平11-10368号公報に記載されている。摩擦攪拌接合では、接合部材をその融点以下の温度で接合できるため、接合後のひずみが小さい、接合材の表面が美観であるなどの多くの利点を有する。

### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】摩擦攪拌接合方法は、突合せ接合する2つの接合部材の物理的特性或いは機械的特性が同じ或いはほぼ同じ場合には、接合欠陥を発生することなく健全に接合できる。しかし、接合する2つの接合部材の物理的特性または機械的特性が異なる場合には、ツールの回転作用によっても攪拌及び混合が阻害

# BEST AVAILABLE COPY

され、健全な接合部が得られにくい。健全な接合部が得られにくい接合部材の組み合わせ例としては、例えば金属系材料と有機系材料との接合、融点が200℃以上異なる例えばアルミニウム系材料と銅系材料または鉄系材料、チタン系材料と銅系材料または鉄系材料との接合がある。接合部材間の室温における固溶率が10%以下の場合、或いはたとえばマグシウムと銅または鉄との接合の場合のように、密度が3 g/cm<sup>2</sup>以上異なる場合にも、健全な接合部が得られにくい。

【0004】本発明は、このように健全な接合部が得られにくい材料の組み合わせに対して、健全な接合部が得られるようにしたことにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、突合せ接合される2つの接合部材のうち、一方の側好ましくは融点が低いか或いは塑性変形しやすい側に回転ツールのピン部を挿入して摩擦攪拌接合を行うことにある。

【0006】本発明の接合方法では、従来の摩擦攪拌接合方法のように攪拌と混合による接合ではなく、主に拡散により接合が行われる。

【0007】以下、アルミニウムと銅を突合せ接合する場合を例にとって、本発明の作用を説明する。

【0008】アルミニウムと銅を接合する場合、回転ツールのピン部をアルミニウム側にだけ挿入するようにする。この場合、前記ピン部の挿入位置は、できるかぎり銅側の接合面に近いことが望ましい。回転ツールは、周知のように接合材に挿入されるピン部とピン部よりも太い径のショルダ部とを有する。ピン部がアルミニウムの中に挿入された後、ピン部より太いショルダ部は、アルミニウム側及び銅側の表面にわずかに挿入される。この状態でツールまたは接合材を接合線方向に相対移動する。ツールの回転作用と相対移動によって、アルミニウム側だけに摩擦攪拌作用が生じる。銅側にはピンが挿入されていないため、銅側での摩擦攪拌作用は生じない。

【0009】本発明による接合方法では、銅とアルミニウムとの接合面間に摩擦攪拌接合特有の攪拌と混合作用は生じない。ピン部が挿入されたアルミニウム側にピンの摩擦攪拌作用によって摩擦熱が生じ、その摩擦熱が銅側に伝達されて銅側が加熱される。アルミニウムのピン挿入部近傍は、ピンの回転による遠心力と摩擦熱によって、高温かつ高圧状態になっている。この高温かつ高圧状態のアルミニウムは、銅側へ高い圧力で押し付けられる。その結果、アルミニウムと銅との接合面に金属特有の拡散現象が生じ、両者は拡散接合される。つまり、一般的の摩擦攪拌接合特有の攪拌と混合による接合ではなく、拡散による接合が行われる。

【0010】接合の主体が拡散であるため、接合材は融点または密度などの物理的特性が異なっていても、またお互いの固溶率が低くても健全に接合できる。

【0011】本発明の接合方法では、接合面にあらかじ

め、両者の部材と金属的に結合しやすい材料の層をめっき等により形成しておくことが望ましい。両者の接合面にろう材の層を設けるのも好ましい方法である。

【0012】一方の接合面に、他方の部材と同じ金属層をクラッドしておくこともまた望ましい。

【0013】回転ツールを融点が低い側の部材或いは塑性流動が生じやすい部材側に挿入することにより、回転ツールの材料に比較的硬さの小さい材料を使用することが可能になり、また回転ツールの寿命を伸ばすことができるようになる。

【0014】本発明の接合方法により得られた接合体は、半導体機器、民生機器、鉄道車両、自動車機器、熱交換機器および発電機機器など広い分野に使用することが可能である。

## 【0015】

### 【発明の実施の形態】実施例1

本実施例では、銅または銅を主体とする合金（以下銅と記述）とアルミニウムまたはアルミニウムを主体とする合金（以下アルミと記述）を、突合せ接合する方法について説明する。

【0016】図1は、回転ツールと接合部材の配置を上方から見た図である。図2は、接合前の回転ツールと接合部材との配置を示す正面図である。図3は、接合過程の回転ツール1と接合部材との配置を示す模式図である。

【0017】回転ツール1は、接合部材の機械的強度よりも数倍大きい金属材料で製作される。ここで用いた回転ツール1は、ピン部2の直径が6 mm、長さが5 mm、ショルダ部3の径が15 mmである。接合部材の厚さは、アルミニウム4及び銅5ともに6 mmである。

【0018】回転ツール1は、図2及び図3に示すように、ピン部2をアルミニウム4側だけに挿入する。銅5側にはピン部2は挿入しない。但し、ピン部2をアルミニウム側に挿入する位置は、ピンを接合部材内部に押し込んでいったときに、ショルダ部3が銅5に接触する範囲内とする。ピン部2は、できるだけ銅5に近い側に挿入することが望ましい。回転ツール1をアルミニウム4側に挿入した状態で、回転ツール1または接合部材を相対移動させる。回転ツール1の回転方向7は、ツール1の進行方向8に対して反時計方向である。つまり、ツールを挿入する側の材料は、ツールの進行方向8に対して右側に配置する。回転ツールの回転方向とツールの進行方向との関係は、他の接合部材を接合する場合でも同じである。回転ツール1の回転と移動によって、アルミニウム4側に摩擦熱が生じ、その熱は銅5側に伝達されて銅側も高温に加熱される。アルミニウム4のピンが挿入された近傍は、ピンの回転に伴い摩擦、攪拌されて高温の塑性流動現象が生じている。さらに回転ツール1の回転作用による遠心力が加わって、ピン部2近傍のアルミニウム4側は高温かつ高圧状態になっている。このよう

# BEST AVAILABLE COPY

に高温、高圧の状態になったアルミニウム4は、銅5側の接合面6に押し付けられる。これにより、両者の間に金属特有の拡散現象が生じ、両者は拡散接合される。

【0019】銅とアルミニウムの接合では、両者の接合面に形成される反応層すなわち拡散接合が生じている層の厚さは、およそ1μm前後であることが好ましい。反応層の厚さが50μm以上になると、接合部の機械的強度が著しく低くなる。反応層の厚さは、回転ツールの回転数と移動速度を調節することによって制御することができる。

【0020】本実施例の方法によれば、アルミニウムの引張り強度と同等の強度を有する接合部が得られる。また、この実施例の方法は、室温における固溶率が10%以下である部材を接合する場合、或いは融点が400℃以上も異なる部材を接合する場合にも適用できる。

【0021】本実施例により、回転ツールの回転数を1500rpm、ツールの移動速度を100mm/minとしてアルミニウムと銅を接合した結果、欠陥がない健全な接合部が得られた。

【0022】なお、本実施例の方法は、次の材料の接合に適する。

【0023】(1) アルミニウム及びその合金材料と鉄系材料(FeあるいはFeとNi, Cr, Mn, C, V, Coなどの合金、或いはそれらの粉末合金)、銅及びその合金材料と活性金属材料(Ti, Zr, Mg, Nbあるいはそれらを2種以上含む合金)

(2) 銅及び銅合金材料と鉄系材料または活性金属材料

(3) 鉄系材料と活性金属材料

(4) 単結晶及び一方向金属材料或いは粉末分散強化材料と通常の金属材料

(5) 金属材料と有機材料

## 実施例2

本実施例では、銅または銅を主体とする銅合金(以下銅と記述)とチタンまたはチタンを主体とするチタン合金(以下、チタンと記述)を突合せ接合する方法について説明する。

【0024】図4は、接合過程の回転ツール1と接合部材との配置を示す断面図である。図4に示すように、回転ツール1のピン部2を銅5側に回転した状態で挿入する。銅側に挿入するようにしたのは、チタンに比べて銅の方が低融点であり、かつ塑性変形率が大きいことによる。本実施例では、接合面を斜面にして5~20度の角度をつけた。銅5側へのピンの挿入位置は、ピン部2を銅5側に押し込んでいったときに、ピンの先端が、接合面に接触する位置にした。回転ツール1の回転方向は、接合進行方向に対して反時計方向である。

【0025】本実施例においても、実施例1と同様に銅5側に生じた摩擦熱がチタン9側に伝達される。そして、実施例1の場合と同様に、主に拡散現象により接合が行われる。但し、接合面の下方の部位では、接合部材

相互の塑性流動が起こる。この塑性流動は、銅とチタンを接合する場合にはむしろ好ましく作用する。本実施例によるチタンと銅の接合にでは、接合面の反応層の厚さは1μm以下が好ましく、これにより銅の引張り強度と同等の強度を有する接合部が得られる。

【0026】本実施例が適用される銅とチタンの接合では、両者の融点差がおよそ400℃もあり、かつ、室温における固溶率が1%以下と小さい。このように融点差が極めて大きく、かつ固溶率が小さい部材を接合する方法として、本実施例は好適である。

【0027】本実施例において、ツールの回転数を1500rpm、移動速度を50mm/minとして銅とチタンを接合したところ、欠陥のない健全な接合部が得られた。

【0028】なお、本実施例の方法は、アルミニウム系材料と鉄系材料(FeあるいはFeとNi, Cr, Mn, C, V, Coなどとの合金)または活性金属材料(Ti, Zr, Mg, Nbから選ばれた少なくとも1種の金属または合金)とを接合、または金属系材料と有機系材料とを接合する場合にも適する。

## 実施例3

本実施例では、鉄または鐵を主体とする鉄合金(以下鉄と記述)とアルミニウムまたはアルミニウムを主体とするアルミニウム合金(以下、アルミと記述)を突合せ接合する方法について説明する。

【0029】図5は、接合過程の回転ツール1と接合部材との配置を示す断面図である。

【0030】回転ツール1には実施例1と同じものを用いた。図5に示すように回転ツール1のピン部2をアルミニウム4側に回転した状態で挿入する。ツールの回転方向は、接合進行方向に対して反時計方向である。この実施例では、接合材の接合面に対して回転ツール1が5~20度の角度をもって配置されている。回転ツール1を接合面に対して角度をつけて配置することにより、ピンの先端が鉄10側に接触するようになり、接合部の先端まで健全に接合できる。本実施例では、鉄側の接合面にあらかじめ厚さが10μm程度のニッケルめっき層11を形成した。このニッケルめっき層11により、アルミニウム材と鉄材との拡散作用が促進される。

【0031】本実施例による鉄とアルミニウムとの接合では、接合面の反応層の厚さは0.5μm以下であることが望ましく、それによりアルミニウムの引張り強度と同等の強度を有する接合部が得られる。

【0032】本実施例による鉄とアルミニウムの接合の場合には、融点差が900℃以上もあり、かつ、室温における固溶率が1%以下と極めて低い。このように融点に大きな差があり、しかも固溶率が小さい接合材組み合わせに対して、本実施例の方法は適する。

【0033】ツールの回転数を2000rpm、移動速度を50mm/minにして、本実施例を適用した結果、健全な接合部が得られた。

# BEST AVAILABLE COPY

【0034】また、鉄側にピンを挿入し、ニッケルめっきを施さない場合でも、健全な接合部が得られた。

【0035】本実施例の方法は、鉄系材料(FeまたはFeとNi, Cr, Mn, C, V, Coなどの合金)と活性金属材料(Ti, Zr, Mg, Nbから選ばれた少なくとも1種の金属または合金)とを接合する場合、或いは銅またはその合金材料と有機材料とを接合する場合にも適する。

## 実施例4

本実施例では、鉄または鉄を主体とする鉄合金(以下鉄と記述)と銅または銅を主体とする銅合金(以下、銅と記述)を突合せ接合する方法について説明する。

【0036】図6に示すように、回転ツール1のピン部2を銅5側に回転した状態で挿入する。接合材の接合面には5~30度の角度が設けられている。接合面には、融点が800℃の銀と銅との合金からなるろう材12が設けられている。このろう材12は、鉄10側に圧接によって一体化(クラッド)されている。これにより、鉄と銅との拡散作用が促進され、接合が容易になる。ツールの回転方向7は、ツール1の進行方向に対して反時計方向である。

【0037】本実施例においても、鉄と銅とが拡散接合される。また、接合部の一部の部位では、塑性流動による接合が生じる。本実施例による鉄と銅との接合では、接合面の反応層の厚さは0.5μm以下が好ましく、銅の引張り強度と同等の強度を有する接合部が得られる。なお、本実施例において、ツールの回転数を2000rpm、移動速度を10mm/minとして接合を行ったところ、欠陥のない健全な接合部が得られた。

【0038】本実施例の方法は、鉄系材料(FeまたはFeとNi, Cr, Mn, C, V, Coなどの合金)と活性金属材料(Ti, Zr, Mg, Nbから選ばれた少なくとも1種よりなる金属または合金)との接合、或いは銅またはその合金材料と活性金属材料との接合、金属材料と有機材料との接合にも適する。

## 実施例5

本実施例では、ニッケルからなる単結晶材料とステンレス鋼、一方向性結晶材料とステンレス鋼、アルミニナ分散強化合金と鉄系炭素鋼との摩擦攪拌接合を、図1に示す方法で行った。回転ツールは、ステンレス鋼側または炭素鋼側のように鉄側に挿入した。これらの実施例の場合でも健全な接合部が得られた。

## 実施例6

図7はステンレス鋼13と銅合金14との接合において、ステンレス鋼13側に銅合金14と同じ合金からなるクラッド層15を形成して摩擦攪拌接合する方法の断面を示す。ステンレス鋼13及び銅合金14は、いずれも厚さ5mm、幅100mm、長さ200mmであり、クラッド層11の厚さは10mmである。前記クラッド層の形成は、ステンレス鋼側に前記銅合金と同じ合金を熱間圧延

することによって効率的に達成できる。本方法では、回転ツール1のピン部をクラッド層11側まで挿入することができる。

【0039】本実施例によれば、銅合金同士の接合が可能となる。本実施例における回転ツール1のピン部2の直径は3mm、ピン長さは4.5mm、ショルダ部3の径は8mmである。

【0040】なお、ステンレス鋼とアルミニウム合金との接合において、ステンレス鋼側に前記アルミニウム合金と同じ合金のクラッド層を設けて接合した場合も同じ効果が得られた。

## 実施例7

本実施例では銅合金とアルミニウム合金との接合において、銅合金側に前記アルミニウム合金と同じ合金よりも厚いクラッド層を形成して摩擦攪拌接合する方法について説明する。本実施例における銅合金及びアルミニウム合金は、いずれも厚さ2mm、幅100mm、長さ100mmである。クラッド層の厚さは5mmである。前記クラッド層の形成は、銅合金側に前記アルミニウム合金と同じ合金を冷間圧延することによって効率的に達成できる。摩擦拡散接合は、図7に示すように回転ツールのピン部を、アルミニウム合金側及びアルミニウム合金のクラッド層にまたがるように挿入して行った。本方法によって銅合金とアルミニウム合金との接合はアルミニウム合金同士の摩擦攪拌接合となるため、接合が容易になる。本実施例における回転ツールのピン部の直径は2mm、ピン長さは1.5mm、ショルダ部の径は5mmである。本接合方法によって接合された接合体を半導体用の冷却基板として利用した。

## 実施例8

本実施例では窒化アルミニウムセラミックスとアルミニウム合金との接合において、前記セラミックス側に前記アルミニウム合金と同じ合金を予め溶着法によってクラッド層を形成して摩擦攪拌接合する方法について説明する。本実施例における前記セラミックス及びアルミニウム合金は、いずれも厚さ1mm、幅100mm、長さ100mmである。クラッド層の厚さは4mmである。前記クラッド層の形成は、前記セラミックス側に前記アルミニウム合金と同じ合金を溶着法によって効率的に達成できる。摩擦拡散接合は、実施例6、7と同様、クラッド層まで回転ツールのピン部が挿入されるようにして行った。本方法によってセラミックスとアルミニウム合金との接合は同じアルミニウム合金同士の摩擦攪拌接合となるため、接合が容易になる。

【0041】本実施例における回転ツールのピン部の直径は1mm、ピン長さは1mm、ショルダ部の径は2mmである。本接合方法によって接合された接合体を半導体用の冷却基板として利用した。

## 【0042】

【発明の効果】本発明によれば、物理的特性或いは機械

## BEST AVAILABLE COPY

的特性の異なる金属系材料同士または有機系材料同士または金属系材料と有機系材料とを高い信頼性で接合できる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】回転ツールと接合材を上方から見た平面図である。

【図2】本発明の実施例を示す接合前の断面図である。

【図3】本発明の実施例を示す接合過程の断面図である。

【図4】本発明の他の実施例を示す接合過程の断面図である。

【図5】本発明の他の実施例を示す接合過程の断面図である。

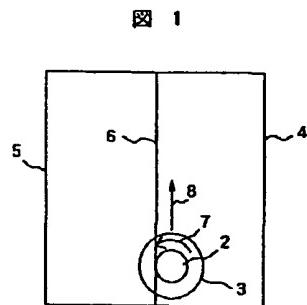
【図6】本発明の他の実施例を示す接合過程の断面図である。

【図7】本発明の他の実施例を示す断面図である。

## 【符号の説明】

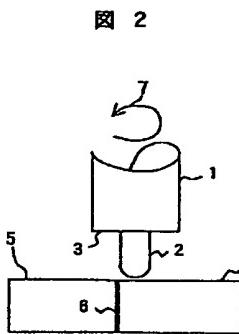
1…回転ツール、2…ピン部、3…ショルダ部、4…アルミニウム、5…銅、6…接合面、7…回転方向、8…ツールの進行方向、9…チタン、10…鉄、11…ニッケルめっき、12…ろう材、13…ステンレス鋼、14…銅合金、15…クラッド層。

【図1】

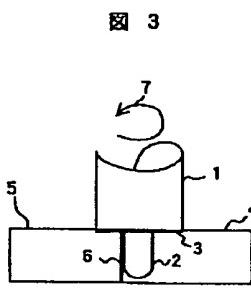


【図5】

【図2】



【図3】



【図4】

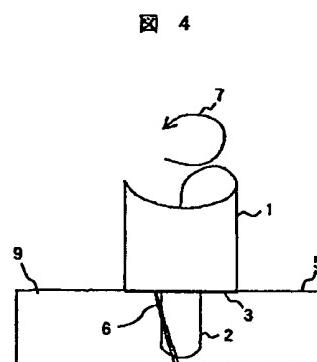
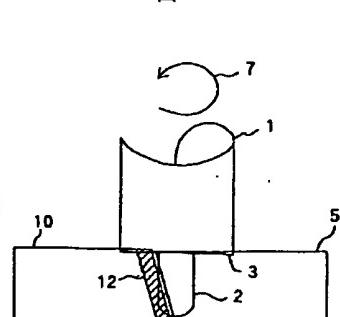
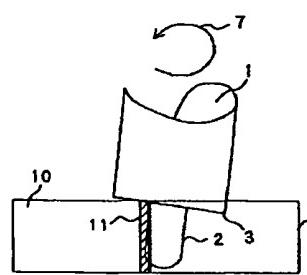


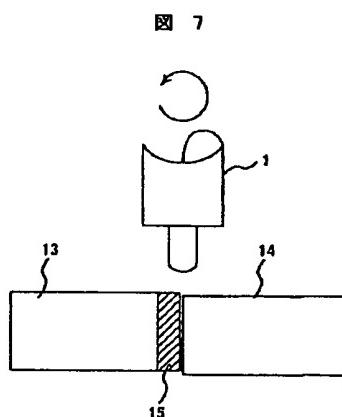
図 5

【図6】

図 6



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 青田 欣也

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内

Fターム(参考) 4E067 AA02 AA05 AA07 AA12 AA19

AA22 AB04 AB05 AB06 AD03

AD09 BG00 DA17 DC07

4F211 AD05 AD15 TA01 TC08 TD07

TN20 TQ05